

文章编号: 1006-4354 (2012) 03-0011-04

2011 年 7 月末商洛区域性暴雨成因分析

周 丹, 孙军鹏, 胡晓黎, 雷 蕾, 张鸿雁

(商洛市气象局, 陕西商洛 726000)

摘 要: 利用 MICAPS 常规气象资料对 2011-07-30—31 日商洛市暴雨过程分析, 发现: 暴雨发生在副高调整过程中, 500 hPa 陕西处于副高边缘, 高空冷涡不断分裂冷空气扩散南下, 这种形势的稳定, 为暴雨区提供了充足的能量和动力条件; 700 hPa 关中及其以南的西南急流为暴雨过程提供了充足的水汽, 商洛处于切变辐合区; 物理量场中, 商洛处于水汽辐合中心、垂直速度的上升中心, 散度场上表现为低层辐合, 高层辐散, 水汽条件和动力条件配置非常有利, θ_{se} 密集区增大有利于商洛市强降水产生; 中尺度云团合并加强是本次大暴雨的直接缔造者。

关键词: 区域性暴雨; 高低空急流耦合; 能量锋区; 中尺度云团

中图分类号: P458.121

文献标识码: B

1 过程及灾情概况

2011 年 7 月 29 日—8 月 2 日, 商洛出现持续强降水天气过程, 7 月 29 日 08 时至 8 月 2 日 08 时, 商洛市过程降雨量普遍在 40~160 mm, 大降雨区主要分布在镇安、柞水、山阳、商南、丹凤及商州南部; 商洛市各乡镇降雨量超过 100 mm 的乡镇 77

个, 超过 150 mm 的 13 个。期间最强降水时段集中在 30 日 20 时—31 日 20 时, 商洛市 3 个县站出现暴雨, 区域自动站观测资料显示, 商洛市共 52 个乡镇雨量超过 50 mm, 1 个乡镇超过 100 mm。强降雨造成丹凤、商南、山阳、镇安、柞水五县 42 个乡镇 273 个行政村 23 365 户、81 452 人

收稿日期: 2011-09-29

作者简介: 周丹 (1976—), 女, 陕西商洛人, 学士, 天气气候工程师, 从事短期天气预报和短时临近预警研究。

参考文献:

[1] 罗美娟, 刘文英. 南昌城市高温热浪气候分析[J]. 广西气象, 2005, 26 (2): 18-20.

[2] 王长来, 茅志成, 程极壮. 气象因素与中暑发生关系的探讨 [J]. 气候与环境研究, 1999, 4 (1): 40-42.

[3] 李雄, 董蕙青, 郭琳芳, 等. 南宁医疗气象预报系统 [J]. 广西气象, 2005, 26 (1): 35-35.

[4] 茅志成, 恽振先, 杜学利, 等. 南京市重症中暑发病与气象因素的关系 [J]. 南京铁道医学院学报, 1998, 17 (1): 4-7.

[5] 何玲玲, 陈正洪, 李松汉, 等. 城市居民中暑流行病学特征及其与气象因子的关系 [J]. 暴雨灾情, 2007, 26 (3): 271-274.

[6] 吉廷艳, 苏静文, 唐延婧. 城市环境气象预报服务系统 [J]. 贵州气象, 2005, 29 (4): 34-35.

[7] 张德山, 邓长菊, 尤焕苓, 等. 北京地区中暑气象指数预报与服务 [J]. 气象科技, 2005, 33 (6): 574-576.

[8] 陈正洪, 何玲玲, 王祖承, 等. 武汉市居民中暑综合气象指标分析 [J]. 气象科技, 2007, 35 (6): 837-840.

[9] 陈辉, 黄卓, 田华, 等. 高温中暑气象等级评定方法 [J]. 应用气象学报, 2009, 20 (4): 451-456.

[10] 陈正洪, 史瑞琴, 李松汉, 等. 改进的武汉中暑气象模型及中暑指数等级标准研究 [J]. 气象, 2008, 34 (8): 82-86.

[11] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法 [M]. 北京: 气象出版社, 2000: 45-46.

[12] 焦艾彩, 朱定真, 陶玫, 等. 南京地区中暑天气条件指数研究预报 [J]. 气象科学, 2001, 21 (2): 246-252.

受灾, 紧急转移安置人口 2 046 人; 农作物受灾面积 2 508 hm^2 , 成灾 2 436.4 hm^2 , 绝收 104.9 hm^2 , 水毁耕地 64 hm^2 ; 倒塌居民住房 465 户 1 221 间, 损坏房屋 1 531 户, 3 951 间, 冲毁 50 处共计 12 km 的乡间道路、98 处河堤、12 座桥涵。灾害造成直接经济损失达 7 028.6 万元, 其中农业损失 1 779.4 万元, 基础设施损失 3 640.2 万元, 家庭财产损失 1 609 万元。

2 环流形势的演变和主要影响系统

2.1 500 hPa 环流形势及其演变

2011 年 7 月下旬西太平洋副热带高压 (以下简称副高) 较强盛, 584 dagpm 线西伸到 100°E 以西, 陕西东南部处在副高边缘的偏南气流里, 积聚了大量的不稳定能量, 中高纬度的贝湖东北部有一冷涡, 涡的底部不断有冷空气下滑, 高原上有低槽东移。31 日 08 时 (见图 1), 由于受分裂冷空气下滑影响, 副高西伸点有所东退南压, 随之西风槽东移加深, 槽底达 35°N 以南。同时高空锋区东南压, 西南急流建立, 低槽所引导冷空气与副高西北侧暖湿气流在陕西一带交绥, 这是造成这次暴雨天气的主要天气系统。

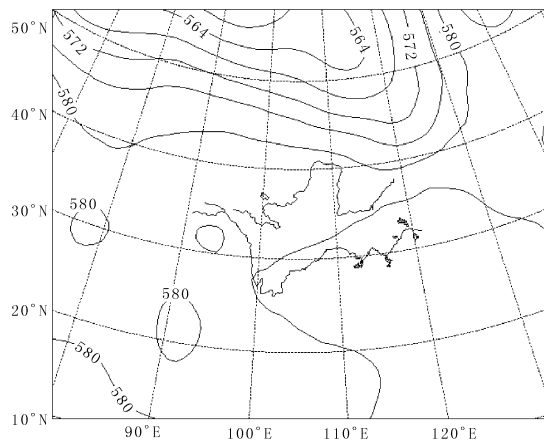


图 1 2011-07-31T08 500 hPa 高度图 (单位: dagpm)

2.2 700 hPa 主要影响系统

30 日 08 时 700 hPa (图略) 在陕西南部一关中—陕西南部有一切变, 850 hPa 在陕西南部有辐合, 20 时该辐合区在陕西上空稳定少动, 延安南部—宝鸡—四川北部有一低涡切变线, 辐合中心

处于陕西西南部, 31 日 08 时 700 hPa 切变线转为横切变, 西南风加强形成急流, 最大风速达 12 m/s, 商洛处于辐合区, 31 日 20 时切变线略有南压, 商洛暴雨结束。低层的西南暖湿气流与 500 hPa 冷空气交汇在陕西南部, 200 hPa 急流对低层有着强烈的抽吸作用, 200 hPa 上高空急流位于 38°N , 商洛位于高空急流入口区右侧为辐散区, 加大了辐合区的上升运动, 而暴雨带的分布恰好与 700 hPa 切变线走向趋于一致。

3 物理量诊断分析

3.1 水汽条件

充沛的水汽是产生暴雨的最主要的条件之一。暴雨发生不但要求有很好的局地水汽条件, 还要有源源不断的水汽输送进行补充。大量水汽在暴雨区辐合, 暴雨才有可能产生^[1]。30 日 20 时, 水汽通量散度沿 110°E 垂直分布 (图略) 显示, 暴雨区 600 hPa 以下均为水汽辐合区, 最大辐合中心在 700 hPa 附近, 为 $-2.0 \times 10^{-6} \text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$ 。31 日 08 时, 暴雨区仍然维持强辐合, 辐合的高度有所上升; 低层至 500 hPa 均有水汽辐合, 辐合中心有 2 个, 一个在 700~600 hPa 之间, 另一个在 850~925 hPa 之间, 均为 $-1.6 \times 10^{-6} \text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$ (见图 2)。31 日 20 时 (图略) 水汽辐合的高度开始下降, 110°E 附近水汽通量辐合下降到 700 hPa, 此时降水仍然维持, 但是降水强度有所减弱。可见, 水汽强辐合为暴雨区提供了充沛的水汽。

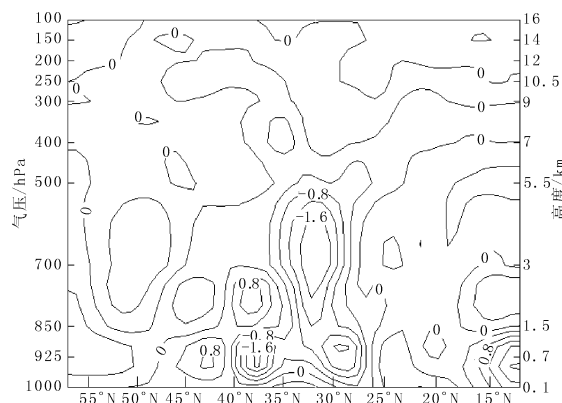


图 2 2011-07-31T08 水汽通量散度沿 110°E 垂直剖面图 (单位: $10^{-6} \text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$)

3.2 垂直速度

30、31 日 850~250 hPa 陕西南部垂直速度场有一个很强的上升运动区，强上升区域向东北方向移动，31 日 08 时至商洛，在其附近上空 300~500 hPa 之间维持有 -50×10^{-3} hPa/s 的强上升中心（见图 3），31 日 20 时强中心南退，商洛暴雨结束。

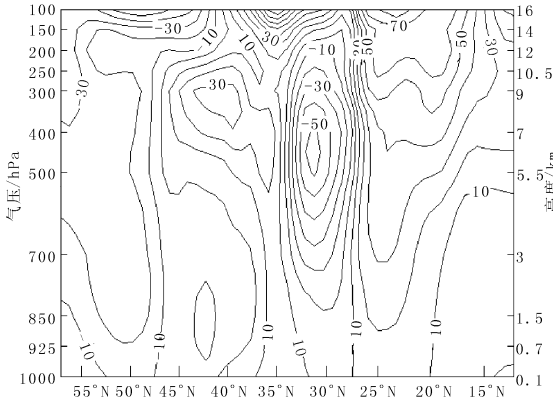


图 3 2011-07-31T08 垂直速度沿 110°E 垂直剖面图
(单位: 10^{-3} hPa/s)

3.3 动力条件

散度场也有很好的反映，31 日 08 时的散度场（见图 4），暴雨区上空 850~500 hPa 为气流的辐合上升区，最强辐合中心在 700 hPa 层附近，为 $-8 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ ；500~100 hPa 为气流的辐散区，最强辐散中心在 300 hPa 层附近，达 12×10^{-6}

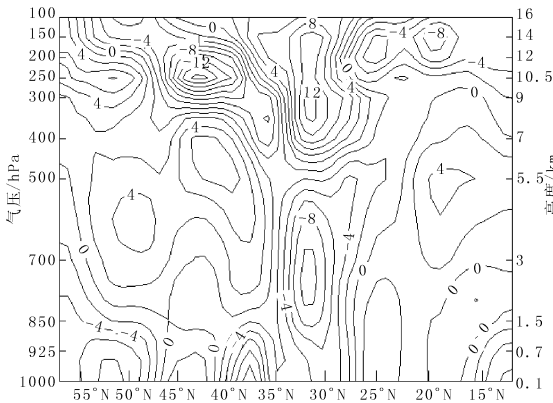


图 4 2011-07-31T08 散度沿 110°E 垂直分布剖面图
(单位: 10^{-6} s^{-1})

s^{-1} 。散度垂直分布从对流层低层到高层呈现辐合-辐散的结构，非常有利于对流的发生发展^[2]，强烈的上升运动将触发不稳定能量释放，有利于强降水天气的发生发展。

3.4 能量条件

30 日 08 时，700 hPa θ_{se} 图（图略）上，青藏高原东部及西南、华中地区为一 θ_{se} 达 80°C 的庞大高能区，四川伸向陕西南部有一 θ_{se} 达 80°C 的高能舌区，河套地区和华北有低能舌伸向陕南，陕南位于 θ_{se} 密集的能量锋区，有利于强降水发生。陕西中南部处于明显的 Ω 型能量锋区内，最大值为 68°C 。31 日 08 时，此 Ω 型能量锋区稳定少动略向北移，陕西中南部地区仍处于此能量锋区内，最大值为 72°C ，有利于西北冷空气流入和东北弱冷空气倒灌，使商洛市的位势不稳定得以增强。可见低层已经积累了大量的不稳定能量，为暴雨提供了必要的热力条件^[3]。

4 中尺度分析

高低空急流耦合产生的上升气流对强降水的维持有重要作用^[4]，图 5 为 2011 年 7 月 30 日 20 时沿 110°E 经向风 v 和垂直运动 w ($\times 10^2$) 合成的流场，反应了暴雨期间由高空急流和低层低涡耦合产生的次级环流，即来自四川盆地的暖湿气流在低层切变附近上升，将南方的大量水汽向上输送，造成 33°N 附近暴雨区上空的大气的位势不稳定，这股气流上升到高层后，一支随高空急流入口区的偏西气流一并辐散北流，在高空急流的左侧，大约 40°N 下沉，在高空副热带急流入口区两侧，形成一个正热力（直接）次级环流。另一支随反气旋环流外围的偏东气流向南流去，在 25°N 附近辐合下沉，即低空急流的右侧下沉，形成一个反热力（间接）次级环流，由于两个独立的次级环流的上升支重合在一起，这种高低空急流耦合产生的次级环流有利于暴雨区上空高层辐散，低层辐合的动力机制的维持，同时上升支将触发潜在不稳定能量的释放，把不稳定能量的建立和释放有机地联系在一起，从而构成有利于强对流发展的中尺度环境，出现“湿”对流风暴，造成强降水天气。

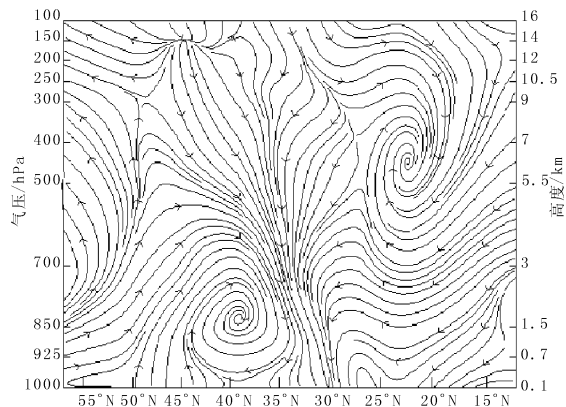


图5 2011-07-30T20沿110°E将 v (单位: m/s)、 w (单位: 10^2 cm/s)的矢量合成得到的纬向环流

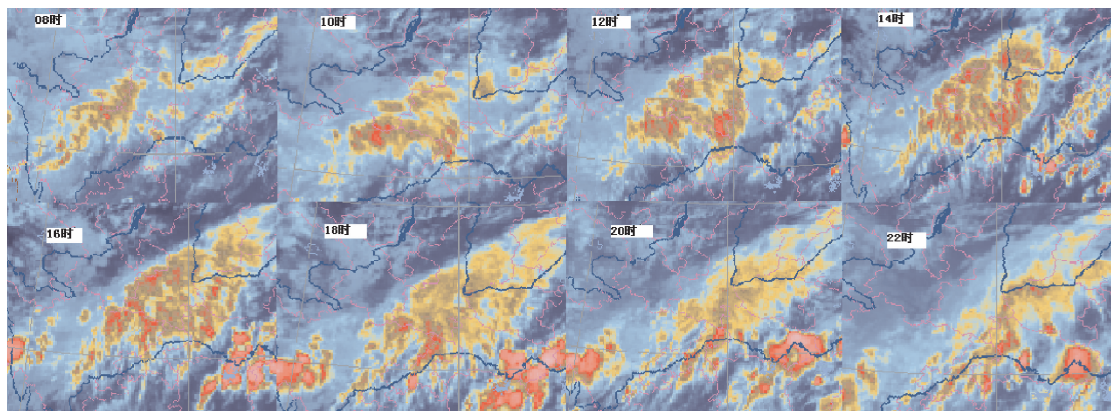


图6 2011-07-31T08—22 FY-2 卫星红外云图

6 结论

- 6.1 500 hPa 副高边缘西南暖湿气流、700 hPa 低涡切变线是此次暴雨过程的主要天气尺度的影响系统。
- 6.2 商洛市上空处于一水汽辐合中心, 低层辐合和高层辐散, 抽吸作用强烈, 是造成强降水的重要原因。
- 6.3 θ_{se} 密集区增大有利于商洛市强降水产生。
- 6.4 急流次级环流控制着中尺度对流的生成和维持, 为暴雨区提供了持续强劲的上升运动, 为中尺度系统的发生发展创造了有利的动力条件。
- 6.5 中尺度对流云团尽管尺度小, 生命史短, 但在快速发展过程中合并加强, 造成局地强降水。

5 中尺度云团分析

7月31日08时陕西西南部到四川盆地为一低槽切变云系(如图6), 此低槽云系在向东的移动过程中不断增强。10时在安康上空有一块红色强对流云团出现, 在原地不断增强并向北发展, 13时达到最强, 对应商洛市东南部部分乡镇1 h雨量达10 mm, 16时开始减弱并分裂为多个对流云团东移, 22时商洛市已处在此对流云团后部, 降水逐渐减弱。这个中尺度对流云团, 其生命史约为9~10 h, 并出现低于 -75°C 云顶亮温区^[1]。由此可以看出中尺度对流云团合并加强是造成本次大暴雨的直接原因^[5]。

参考文献:

- [1] 朱乾根, 林锦瑞, 寿绍文, 等. 天气学原理和方法 [M]. 北京: 气象出版社, 1992.
- [2] 郭大梅, 张弘, 方建刚, 等. 秦巴山区一次连续暴雨过程诊断分析 [J]. 陕西气象, 2006 (4): 13-15.
- [3] 刘子臣. 陕西省中尺度系统及短时天气预报 [M]. 北京: 气象出版社, 1998.
- [4] 陆汉城. 中尺度天气原理和预报 [M]. 北京: 气象出版社, 2000: 65-70.
- [5] 张淑敏, 李伟, 周丹, 等. 渭北2010年7月下旬区域性大暴雨天气过程分析 [J]. 陕西气象, 2011 (3): 7-10.